

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

چراغ دل به نور جان بر افروخت

۴۶۵۷۰



دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران (سازه های هیدرولیکی)

آنالیز تونل های آب بر تحت فشار با پوشش بتنی با

استفاده از روش اجزای محدود

بوسیله :

سعید حکاک خادم

استاد راهنما :

دکتر ناصر طالب بیدختی

۱۳۸۶ / ۱۱ / ۲۵

رشته مهندسی عمران (سازه های هیدرولیکی)

استاد اطلاعات درک علمی بزرگ
توسعه آرک

تیر ماه ۱۳۸۶

۴۶۵۷۵

به نام خدا

آنالیز تونلهای آب بر تحت فشار با پوشش بتنی با استفاده از روش اجزای محدود

به وسیله ی:

سعید حکاک خادم

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

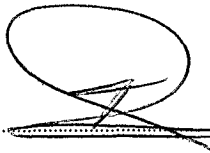
مهندسی عمران - سازه های هیدرولیکی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزشیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

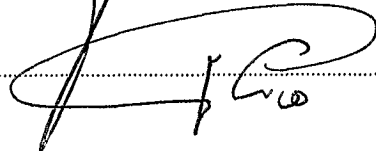


..... دکتر ناصر طالب بیدختی، استاد بخش مهندسی راه و ساختمان (رئیس کمیته)

..... دکتر ارسلان قهرمانی، استاد بخش مهندسی راه و ساختمان

..... دکتر قاسم حبیب آگهی، استاد بخش مهندسی راه و ساختمان

..... دکتر نادر هاتف، استاد بخش مهندسی راه و ساختمان



تیر ماه ۱۳۸۶

تقدیم به:

خاک پاک وطنم، ایران

که عزیزترین عزیزانم از آن بر آمده اند.

سپاسگزاری

قبل از هر چیز از خداوند مهربان برای نعمت های بیکرانش سپاسگزاری می کنم. همچنین از پدر و مادر عزیزم و برادر مهربانم که در تمامی مراحل زندگی حامی و پشتیبان من بوده اند، تشکر و قدردانی می نمایم.

از جناب آقای دکتر ناصر طالب بیدختی، استاد راهنمای عزیز و گرانقدرم ، برای کمکها و حمایت هایشان تشکر می نمایم.

از جناب آقای دکتر ارسلان قهرمانی برای نظرات و پیشنهادات سازنده ایشان که در تمامی طول تحقیق از آنها استفاده کردم تشکر ویژه می نمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر قاسم حبیب آگهی و جناب آقای دکتر نادر هاتف، به خاطر مشاوره و دقت نظر بالای ایشان در هرچه بهتر ارائه شدن این پروژه قدردانی می نمایم.

چکیده

آنالیز تونل های آب بر تحت فشار با پوشش بتنی با استفاده از روش اجزای محدود

به وسیله‌ی:

سعید حکاک خادم

محاسبه تغییر شکلها و تنشهای ایجاد شده در اطراف تونلهای آب بر در بسیاری از مقالات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. در تحقیقات گذشته روابط تحلیلی برای محاسبه تنش و تغییر شکلهای ایجاد شده در اثر جریان های منفذی ایجاد شده در توده سنگ اطراف تونل ارائه گردیده است. هر چند از جوابهای تحلیلی می توان برای طراحی مقدماتی استفاده کرد، با این حال برای نزدیک کردن مدل به شرایط واقعی استفاده از روشهای عددی ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق برای آنالیز عددی تونل های آب بر تحت فشار با پوشش داخلی و بدون پوشش داخلی یک برنامه کامپیوتری با استفاده از نرم افزار Matlab تهیه شده است که امکان المان بندی محیط، آنالیز جریان منفذی و آنالیز تنش- کرنش را فراهم می سازد. برای بررسی صحت آنالیز عددی، جوابهای بدست آمده از آنالیز یک تونل پوششدار و بدون پوشش، با فرض پارامترهای طراحی، با جوابهای بدست آمده از روابط تحلیلی مقایسه می شوند. خلاصه نتایج بدست آمده از این مقایسه نشان می دهد تنش های محیطی و شعاعی بدست آمده از روابط تحلیلی به تنشهای محیطی در امتداد طرفین تونل و تنش های شعاعی در امتداد تاج تونل نزدیک هستند ولی اختلاف نسبتاً زیادی بین جابجایی های شعاعی تحلیلی و عددی وجود دارد..

عامل دیگری که می تواند بر تغییر تنشها و جابجایی ها تاثیر گذارد، اندر کنش مکانیکی-هیدرولیکی در توده سنگ اطراف تونل است که باعث تغییرات نفوذپذیری المان های سنگ می شود. در این تحقیق برای بدست آوردن جوابهای دقیق تر و نزدیک کردن مدل به شرایط واقعی، تغییرات نفوذپذیری نیز در محاسبه تنشها و تغییر شکلها در نظر گرفته می شود. نتایج بدست آمده از آنالیز چند تونل با مشخصات فرضی، نشان می دهد که تاثیر تغییرات نفوذپذیری در تونلهای آب بر با پوشش داخلی در مقایسه با تونلهای بدون پوشش بیشتر است.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱- مقدمه و اهداف	۲
۱-۱- مقدمه:	۲
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق:	۵
۳-۱- اهداف پایان نامه:	۵
۲- مروری بر تحقیقات گذشته	۸
۳- کلیات و تئوری انجام کار	۲۱
۳-۱- روشهای تحلیلی برای تعیین تنش های ناشی از جریان منفذی در اطراف تونل های تحت فشار:	۲۱
۳-۱-۱- پیشگفتار	۲۱
۳-۱-۲- روش Schleiss:	۲۳
۳-۱-۳- روش Fernandez	۳۰
۳-۲- کلیاتی در ارتباط با روش اجزای محدود:	۳۶
۳-۲-۱- المان بندی محدوده	۳۷
۳-۲-۲- تقریب تغییر مکانها	۳۸
۳-۲-۳- معادلات المان	۴۱
۳-۲-۴- روشهای انتگرال گیری عددی	۴۶
۳-۲-۵- دستگاه معادلات کل	۴۸
۳-۲-۶- شرایط مرزی	۴۹
۳-۲-۷- حل دستگاه معادلات	۵۳
۳-۲-۸- محاسبه تنش	۵۳
۳-۳- محاسبات مربوط به فشار آب منفذی:	۵۴
۳-۴- نفوذپذیری وابسته به تنش در توده سنگ:	۵۹
۳-۵- مقایسه نتایج آنالیز عددی با روابط تحلیلی:	۶۲
۴- روش انجام پایان نامه	۶۸
۵- معرفی ساختار برنامه <i>Pressure Tunnel</i>	۷۴
۵-۱- پیشگفتار	۷۴

۷۶	۵-۲-المان بندی محدوده و تشکیل شبکه:
۸۳	۵-۳-محاسبات مربوط به فشار منفذی و گرادیان فشار منفذی:
۹۵	۵-۴-محاسبه جابجایی های گره ای و تنش های ناشی از جریان منفذی:
۹۷	۵-۵-تاثیر نفوذپذیری ثانویه بر تغییر شکلها و تنشها
۱۰۲	۶-نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۴	جمع بندی و نتیجه گیری:
۱۳۵	پیشنهادات:
۱۳۶	فهرست مراجع:

فهرست شکلها

عنوان	شماره صفحه
شکل (۱-۱): نمایش شماتیک اجزای اصلی یک نیروگاه برق آبی (Matt et al., 1978).....	۲
شکل (۲-۱): روند تغییرات سازه انتقال آب در نیروگاه های برق آبی , (Broch, 1984a).....	۴
شکل (۱-۲): تغییرات تنش های شعاعی و محیطی در اطراف تونل آب بر تحت فشار بدون پوشش داخلی با نسبت های شعاعی مختلف با استفاده از روش Brahtz.....	۱۱
شکل (۲-۲): تغییرات فشار روی سطح خارجی پوشش بر حسب نسبت های مختلف شعاعی و نفوذپذیری.....	۱۲
شکل (۳-۲): تغییرات تنش های شعاعی و محیطی در یک تونل آب بر تحت فشار با پوشش داخلی بر حسب نسبت های مختلف شعاعی با استفاده از روش Schleiss.....	۱۴
شکل (۴-۲): تغییرات تنش های شعاعی و محیطی در یک تونل آب بر تحت فشار بدون پوشش داخلی بر حسب نسبت های مختلف شعاعی با استفاده از روش Schleiss.....	۱۴
شکل (۵-۲): توزیع فشار منفذی اطراف تونل فشار بدون پوشش داخلی با استفاده از رابطه Fernandez و Alvarez.....	۱۵
شکل (۶-۲): تغییرات تنش های شعاعی و محیطی در یک تونل آب بر تحت فشار بدون پوشش داخلی بر حسب نسبت های مختلف شعاعی با استفاده از روش Fernandez و Alvarez.....	۱۷
شکل (۷-۲): تغییرات جابجایی های شعاعی اطراف تونل آب بر بدون پوشش داخلی با استفاده از روش Fernandez و Alvarez.....	۱۸
شکل (۱-۳): تونل فشار در توده سنگ شکسته (Schleiss, 1986).....	۲۲
شکل (۲-۳): تاثیر فشار آب در دو محیط نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر (Schleiss, 1986).....	۲۳
شکل (۳-۳): سیلندر با جداره ضخیم تحت اثر فشارهای داخلی و خارجی (Schleiss, 1986).....	۲۴
شکل (۴-۳): نواحی مختلف در اطراف یک تونل تحت فشار (Schleiss, 1986).....	۲۵
شکل (۵-۳): تغییرات تنش در مرز پوشش و سنگ نسبت به ضخامت پوشش و نسبت های مختلف نفوذپذیری پوشش و سنگ.....	۲۶
شکل (۶-۳): تغییرات تنش در مرز پوشش و سنگ نسبت به ضخامت پوشش و نسبت های مختلف مدول الاستیسیته پوشش و سنگ.....	۲۷
شکل (۷-۳): تغییرات تنش شعاعی نسبت به ضخامت پوشش و مقادیر مختلف η (خطوط خط چین نمایش گرادیان نمایی فشار و خطوط توپر نمایش گرادیان خطی فشار است.).....	۲۹
شکل (۸-۳): تغییرات تنش محیطی نسبت به ضخامت پوشش و مقادیر مختلف η	۳۰
شکل (۹-۳): تغییرات تنش طولی نسبت به ضخامت پوشش و مقادیر مختلف η	۳۰
شکل (۱۰-۳): رژیم جریان منفذی از تونل فشار به تراز آب زیرزمینی (Fernandez and Alvarez, 1994).....	۳۲

- شکل (۳-۱۱): تعادل یک المان از سیلندر با جداره نفوذ پذیر
 ۳۳ (Fernandez and Alvarez, 1994)
- شکل (۳-۱۲): موقعیت نقاط گاوس در انتگرال گیری از مرتبه ۲ و ۳
 ۴۷ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۳-۱۳): مراحل تشکیل ماتریس سختی برای یک شبکه متشکل از دو المان
 ۴۹ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۲-۱۴): حذف جابجایی های صلب سازه (Potts and Zdravcovic, 1999)
 ۵۰ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۳-۱۵): تنش های سطحی وارد بر المان (Potts and Zdravcovic, 1999)
 ۵۱ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۲-۱۶): شرایط پیوستگی هیدرولیکی برای یک المان سه بعدی
 ۵۵ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۳-۱۷): تونل تحت فشار با پوشش داخلی بدون فشار منفذی
 ۶۳ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۳-۱۸): تونل با پوشش داخلی با تحت اثر فشار داخلی و فشار منفذی
 ۶۵ (Potts and Zdravcovic, 1999)
- شکل (۴-۱): مولفه های تنش و فشار منفذی وارد بر یک المان الاستیک و متخلخل
 ۶۸ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱): الگوریتم کلی یک آنالیز به روش اجزای محدود
 ۷۴ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۲): الگوریتم کلی برای محاسبه تنش های ناشی از جریان منفذی
 ۷۵ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۳): الگوریتم کلی برای محاسبه تنش های ناشی از جریان منفذی با در نظر گرفتن تغییرات
 نفوذپذیری
 ۷۶ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۴): المان بندی محدوده با تونل بدون پوشش، بدون ریز کردن شبکه
 ۸۱ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۵): المان بندی محدوده با تونل بدون پوشش، با ریز کردن شبکه
 ۸۲ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۶): المان بندی محدوده با تونل پوششدار، بدون ریز کردن شبکه
 ۸۲ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۷): المان بندی محدوده با تونل پوششدار، با ریز کردن شبکه
 ۸۳ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۸): المان بندی شبکه
 ۹۱ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۹): توزیع فشار منفذی اطراف تونل با استفاده از آنالیز اجزای محدود
 ۹۱ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۰): توزیع فشار منفذی اطراف تونل با استفاده از رابطه تحلیلی پیشنهادی توسط Fernandez
 ۹۲ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۱): گرادینان های فشار منفذی ایجاد شده اطراف تونل با استفاده از روش اجزای محدود
 ۹۲ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۲): المان بندی شبکه
 ۹۳ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۳): توزیع فشار منفذی اطراف تونل با استفاده از آنالیز اجزای محدود
 ۹۴ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۴): توزیع فشار منفذی در پوشش واقع در تاج تونل
 ۹۴ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۵-۱۵): گرادینان های فشار منفذی ایجاد شده اطراف تونل با استفاده از روش اجزای محدود
 ۹۵ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۱): شبکه بندی محدوده با المانهای چهار گره ای، (مدل اول)
 ۱۰۳ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۲): کانتور های جابجایی در جهت x با استفاده از برنامه، (مدل اول)
 ۱۰۴ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۳): کانتور های جابجایی در جهت x با استفاده از نرم افزار Sigma/w، (مدل اول)
 ۱۰۴ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۴): کانتور های جابجایی در جهت y با استفاده از برنامه، (مدل اول)
 ۱۰۵ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۵): کانتور های جابجایی در جهت y با استفاده از نرم افزار Sigma/w، (مدل اول)
 ۱۰۵ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۶): توزیع تنش در جهت x در اطراف تونل با استفاده از برنامه، (مدل اول)
 ۱۰۶ (Zienkiewicz and Park, 1958)
- شکل (۶-۷): توزیع تنش در جهت x در اطراف تونل با استفاده از نرم افزار Sigma/w، (مدل اول)
 ۱۰۶ (Zienkiewicz and Park, 1958)

- شکل (۶-۸): توزیع تنش در جهت z در اطراف تونل با استفاده از برنامه، (مدل اول) ۱۰۷
- شکل (۶-۹): توزیع تنش در جهت z در اطراف تونل با استفاده از نرم افزار Σ/w ، (مدل اول) ۱۰۷
- شکل (۶-۱۰): توزیع تنش در جهت z در اطراف تونل با استفاده از برنامه، (مدل اول) ۱۰۸
- شکل (۶-۱۱): توزیع تنش در جهت z در اطراف تونل با استفاده از نرم افزار Σ/w ، (مدل اول) ۱۰۸
- شکل (۶-۱۲): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های شعاعی، (مدل اول) ۱۰۹
- شکل (۶-۱۳): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های محیطی، (مدل اول) ۱۱۰
- شکل (۶-۱۴): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی جابجایی های شعاعی، (مدل اول) ۱۱۰
- شکل (۶-۱۵): کانتورهای جابجایی در جهت x ، (مدل دوم) ۱۱۲
- شکل (۶-۱۶): کانتورهای جابجایی در جهت x با استفاده از نرم افزار Σ/w ، (مدل دوم) ۱۱۲
- شکل (۶-۱۷): کانتورهای جابجایی در جهت z ، (مدل دوم) ۱۱۳
- شکل (۶-۱۸): کانتورهای جابجایی در جهت z با استفاده از نرم افزار Σ/w ، (مدل دوم) ۱۱۳
- شکل (۶-۱۹): کانتورهای تنش محیطی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۴
- شکل (۶-۲۰): کانتورهای تنش شعاعی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۵
- شکل (۶-۲۱): کانتورهای تنش برشی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۵
- شکل (۶-۲۲): کانتورهای کرنش محیطی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۶
- شکل (۶-۲۳): کانتورهای کرنش شعاعی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۶
- شکل (۶-۲۴): کانتورهای کرنش برشی اطراف تونل، (مدل دوم) ۱۱۷
- شکل (۶-۲۵): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های محیطی، (مدل دوم) ۱۱۷
- شکل (۶-۲۶): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های شعاعی، (مدل دوم) ۱۱۸
- شکل (۶-۲۷): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی جابجایی های شعاعی، (مدل دوم) ۱۱۸
- شکل (۶-۲۸): توزیع تنش منفذی اطراف تونل با استفاده از روش اجزای محدود، (مدل سوم) ۱۲۰
- شکل (۶-۲۹): توزیع تنش منفذی اطراف تونل با استفاده از روش Fernandez، (مدل سوم) ۱۲۱
- شکل (۶-۳۰): توزیع گرادیان های فشار منفذی اطراف تونل، (مدل سوم) ۱۲۱
- شکل (۶-۳۱): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های محیطی، (مدل سوم) ۱۲۲
- شکل (۶-۳۲): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های شعاعی، (مدل سوم) ۱۲۳
- شکل (۶-۳۳): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی جابجایی های شعاعی، (مدل سوم) ۱۲۳
- شکل (۶-۳۴): توزیع فشار منفذی اطراف تونل با استفاده از روش اجزای محدود، (مدل چهارم) ۱۲۴
- شکل (۶-۳۵): توزیع گرادیان فشار منفذی اطراف تونل، (مدل چهارم) ۱۲۵
- شکل (۶-۳۶): کانتورهای جابجایی در جهت x اطراف تونل، (مدل چهارم) ۱۲۶
- شکل (۶-۳۷): کانتورهای جابجایی در جهت z اطراف تونل، (مدل چهارم) ۱۲۶
- شکل (۶-۳۸): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های محیطی، (مدل چهارم) ۱۲۷
- شکل (۶-۳۹): مقایسه نتایج عددی و تحلیلی تنش های شعاعی، (مدل چهارم) ۱۲۸
- شکل (۶-۴۰): توزیع فشاری منفذی اطراف تونل با در نظر گرفتن تغییرات نفوذپذیری، (مدل پنجم) ۱۲۹
- شکل (۶-۴۱): تغییرات جابجایی های شعاعی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل پنجم) ۱۳۰
- شکل (۶-۴۲): تغییرات تنش های محیطی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل پنجم) ۱۳۰
- شکل (۶-۴۳): تغییرات تنش های شعاعی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل پنجم) ۱۳۱
- شکل (۶-۴۴): توزیع فشاری منفذی اطراف تونل با در نظر گرفتن تغییرات نفوذپذیری، (مدل ششم) ۱۳۲

- شکل (۴۵-۶) : تغییرات جابجایی های شعاعی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل ششم)..... ۱۳۳
- شکل (۴۶-۶) : تغییرات تنش های محیطی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل ششم)..... ۱۳۳
- شکل (۴۷-۶) : تغییرات تنش های شعاعی با تغییرات نفوذپذیری، (مدل ششم)..... ۱۳۴

فهرست جداول

شماره صفحه

عنوان

- جدول (۱-۶) : مقادیر ماکزیمم و مینیمم جابجایی ها و تنشها در مختصات کارتزین با استفاده از روشهای مختلف (مدل اول) ۱۱۱
- جدول (۲-۶) : مقادیر ماکزیمم و مینیمم جابجایی ها و تنشها در مختصات قطبی بدست آمده از روش عددی و روابط تحلیلی (مدل اول) ۱۱۱
- جدول (۳-۶) : مقادیر ماکزیمم و مینیمم جابجایی ها و تنشها در مختصات کارتزین با استفاده از روشهای مختلف (مدل دوم) ۱۱۹
- جدول (۴-۶) : مقادیر ماکزیمم و مینیمم جابجایی ها و تنشها در مختصات قطبی بدست آمده از روش عددی و روابط تحلیلی (مدل دوم) ۱۱۹

فصل اول : مقدمه و اهداف

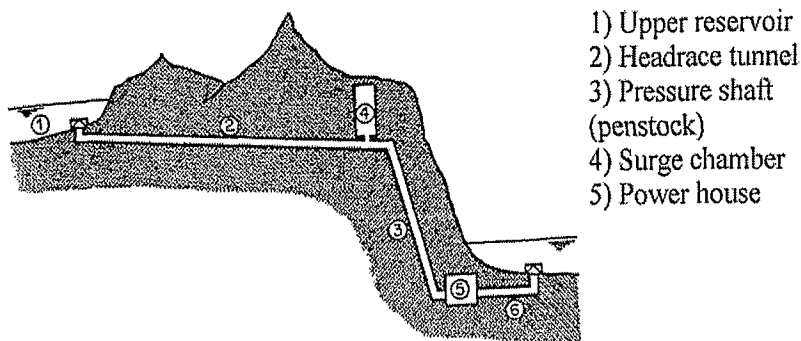
۱- مقدمه و اهداف

۱-۱- مقدمه:

ساخت نیروگاه های برق آبی به دلیل انعطاف بالا در بهره برداری و قابلیت تولید بالای انرژی ، که می تواند حتی قابل مقایسه با نیروگاه های مدرن حرارتی و هسته ای باشد، رشد چشمگیری بخصوص در مناطقی با توپوگرافی مناسب ، مثل کشورهای حاشیه رشته کوه های آلپ ، داشته است. (Seeber, 1985)

یکی از المانهای مهم در نیروگاه های برق آبی سازه انتقال آب از مخزن سد به نیروگاه است که میتواند پنستاک فولادی، ترکیبی از یک تونل روباز با پنستاک یا تونل تحت فشار باشد. در شکل (۱-۱) نمای کلی از یک طرح برق آبی نمایش داده شده است. در بسیاری از طرحهای برق آبی که در گذشته طراحی و اجرا شده اند از پنستاک فولادی یا تونل های با پوشش فولادی استفاده شده است. از اواسط دهه ۱۹۵۰ از تونل های تحت فشار بدون پوشش داخلی استفاده شد که نقش چشمگیری در کاهش هزینه و زمان اجرای طرح داشت

(Broch, 1984b)



شکل (۱-۱): نمایش شماتیک اجزای اصلی یک نیروگاه برق آبی (Matt et al., 1978)

تونل فشار در یک مفهوم کلی در بر گیرنده یک فضای خالی در امتداد یک محور محصور شده با سنگ و مناسب برای تحمل فشار است که بطور خاص می تواند شامل : تونلهای آب بر تحت فشار ، شفتهای تحت فشار عمودی یا مایل، محفظه های تحت فشار در طرحهای برق آبی و تونلهای ذخیره هوای فشرده باشد.

(Matt et al., 1978)

به طور کلی تونلهای تحت فشار را می توان با توجه به شرایط طرح به دو صورت بدون پوشش و با پوشش داخلی آنالیز ، طراحی و اجرا کرد. در تونلهای تحت فشار بدون پوشش داخلی تمام فشار داخلی به توده سنگ اطراف تونل وارد می شود. بنابراین اولین نکته مورد توجه در این تونلها مقاومت و پارامترهای سنگ محل است که در صورت مطلوب نبودن پارامترهای مکانیکی سنگ گزینه بدون پوشش بودن تونل حذف می شود. برای مثال در کشور ما به دلیل پائین بودن مقاومت سنگ در بسیاری از موارد معمولاً تونلهای تحت فشار با پوشش داخلی طراحی می شوند. این در حالی است که در کشور نروژ از بین ۲۰۰ نیروگاه برق آبی، که حدوداً نیمی از کل نیروگاه های برق آبی جهان است، در بیش از ۸۰ طرح ، تونلهای آب بر به صورت بدون پوشش طراحی و اجرا شده اند. در شکل (۱-۲) روند تغییرات تدریجی سازه انتقال آب در نیروگاه های برق آبی نشان داده شده است. (Broch, 1984b)

با این حال تونلهای تحت فشار با پوشش داخلی از گسترش بیشتری برخوردار است و هدف ما نیز در این تحقیق بررسی رفتار و تئوریهای ارائه شده برای آنالیز آنها است.

در حالت کلی فشار آب وارد بر یک محیط نفوذ ناپذیر بصورت یک بار گسترده یکنواخت^۱ و عمود بر سطح رفتار می کند. اگر محیط نفوذ پذیر باشد آب داخل منافذ^۲ ، ترکها^۳ و شکافها^۴ نفوذ کرده و باز هم یک فشار سطحی^۵ را وارد می کند. (Schleiss, 1986) در این حالت فشار آب داخل منافذ در اثر اصطکاک بتدریج کاهش می یابد.

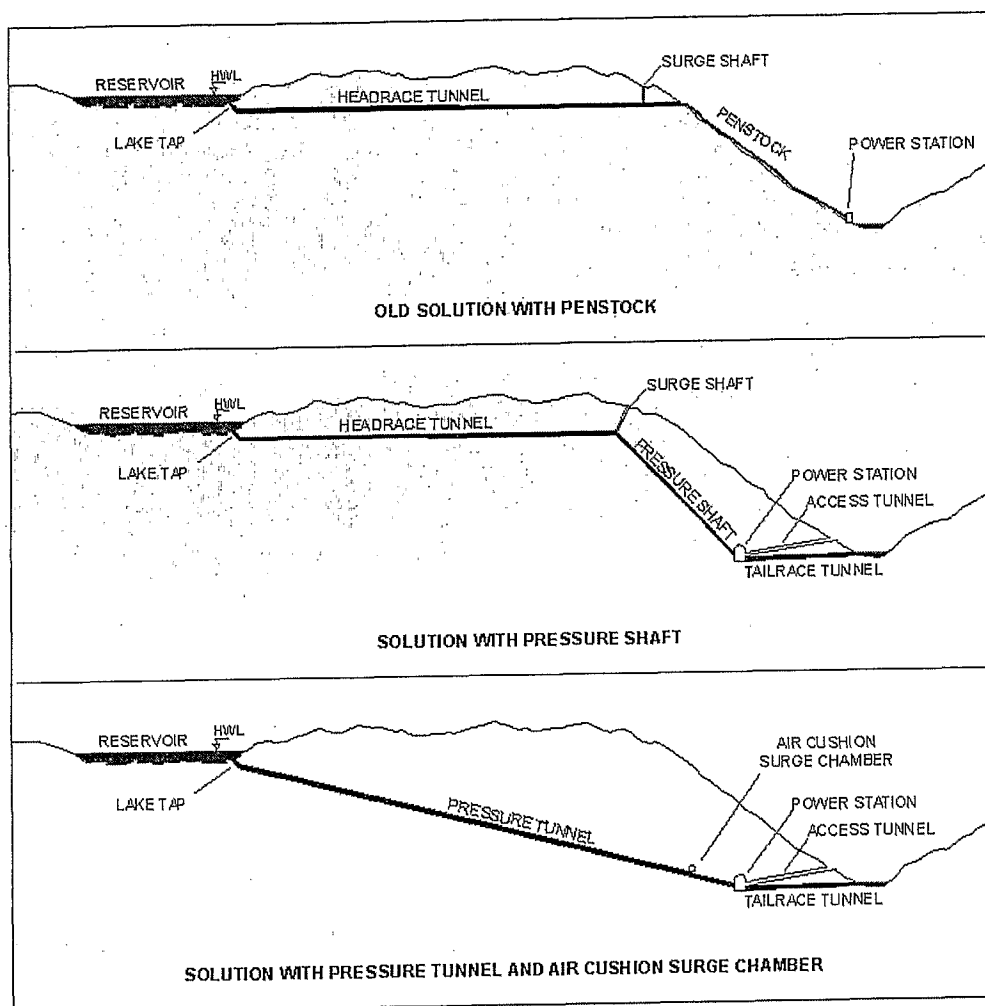
¹ Uniformly distributed load

² cavities

³ cracks

⁴ fissures

⁵ surface pressure



شکل (۱-۲): روند تغییرات سازه انتقال آب در نیروگاه های برق آبی و (Broch, 1984a)

از اینرو یک محیط نفوذ پذیر تنها تحت اثر بارهای مکانیکی خالص ناشی از فشار آب قرار نمی گیرد بلکه نیروهای هیدرولیکی بصورت حجمی نیز بر آن وارد می شود. (Zienkiewicz and Park, 1958)

طراحی بسیاری از تونل های تحت فشار بر اساس یک تئوری قدیمی^۱ انجام شده است. این تئوری بر اساس این فرض است که تا وقتی که پوشش ترک نخورده باشد یا در مقایسه با توده سنگ اطراف پوشش دارای نفوذ پذیری کمتری باشد، تمام هد فشاری به پوشش وارد می شود و سطح خارجی پوشش تنها نیروهای مکانیکی مرزی را منتقل می کند. این در حالی است که تحقیقات آزمایشگاهی نشان داده است در سازه های بتنی بزرگ به دلیل اینکه مصالح کاملا نفوذ ناپذیر نیستند، یک جریان نفوذی کند در بتن ایجاد می شود. بررسی این

^۱Traditional pressure tunnel statics

پارامتر در آنالیز تونل های آب بر تحت فشار در نیروگاه های برق آبی تا به حال موضوع چندین تحقیق بوده است. (Schleiss, 1986)

بنابراین در نظر گرفتن تاثیر جریان نفوذی به خارج از تونل بر تغییر شکلها و تنش های ایجاد شده در توده سنگ اطراف تونل ضروری بنظر می رسد. در این تحقیق تغییر شکلها و تنش های ایجاد شده در توده سنگ اطراف تونلهای آب بر تحت فشار با پوشش داخلی بتن مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-۱- ضرورت انجام تحقیق:

با توجه به پتانسیل بالای کشور برای استفاده از انرژی آب و نیاز روز افزون کشور به منابع انرژی، احداث نیروگاه های برق آبی می تواند سهم قابل توجهی از تولید سرانه انرژی در کشور را به خود اختصاص دهد. همان طور که توضیح داده شد به طور معمول در طرح های برق آبی سازه انتقال آب از مخزن سد به نیروگاه، پنستاک فولادی یا تونل تحت فشار است. اهمیت آنالیز و طراحی دقیق سازه انتقال آب تا اندازه ای است که در صورت نشت زیاد و یا شکست آن می تواند منجر به شکست طرح گردد، از اینرو آنالیز و طراحی هر چه دقیقتر این سازه ها از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار است.

۳-۱- اهداف پایان نامه:

در این تحقیق هدف بررسی تغییر شکلها و تنش های ایجاد شده در اثر فشار آب منفذی، اطراف این سازه ها است. در بررسی های قبلی انجام شده توسط محققین دیگر روابط تحلیلی برای بدست آوردن مقادیر تنش و جابجایی بدست آورده شده است. برای تحلیل دقیقتر می توان رفتار این سازه ها را با استفاده از روش اجزای محدود بررسی کنیم. در این تحقیق یک برنامه کامپیوتری برای آنالیز تونل های آب بر تحت فشار با پوشش

بتنی با استفاده از نرم افزار matlab تهیه می شود و نتایج حاصل از آنالیز مدل‌های مختلف با روابط تحلیلی بدست آمده توسط محققین گذشته بررسی می شود.

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته